

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-194177
 (43)Date of publication of application : 09.07.2003

(51)Int.CI. F16H 25/22

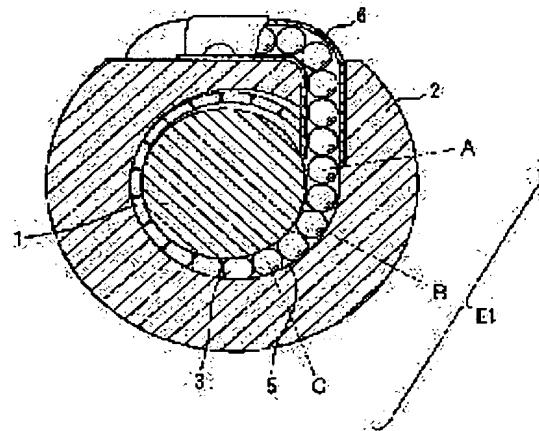
(21)Application number : 2001-395200 (71)Applicant : NSK LTD
 (22)Date of filing : 26.12.2001 (72)Inventor : MOMONO TATSUNOBU

(54) BALL SCREW

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ball screw being easy to manufacture while reducing vibration caused by the passage of balls.

SOLUTION: The ball screw includes a threaded shaft 1 having on its outer peripheral surface a helical thread groove 1a; a nut 2 having on its inner peripheral surface a thread groove 2a opposite to the thread groove 1a of the threaded shaft 1 and engaged with the threaded shaft 1 via a number of balls 3 rollably loaded into a helical ball rolling path 5 formed by both thread grooves 1a and 2a; and a return tube 6 secured to the nut 2 for scooping up the balls 3 at one end A of the ball rolling path 5 to feed the balls to the other end. At a portion E1 near the one end A of the ball rolling path 5, the lead angle of the thread groove 2a on the nut 2 is gradually varied so that preloads decrease toward the one end A of the ball rolling path 5. The preloads are eliminated at a portion B in front of the one end A of the ball rolling path 5.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-194177

(P2003-194177A)

(43)公開日 平成15年7月9日(2003.7.9)

(51)Int.Cl.⁷

F 16 H 25/22

識別記号

F I

テマコード(参考)

F 16 H 25/22

M 3 J 0 6 2

D

L

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願2001-395200(P2001-395200)

(22)出願日 平成13年12月26日(2001.12.26)

(71)出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72)発明者 桃野 達信

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(74)代理人 10066980

弁理士 森 哲也 (外2名)

F ターム(参考) 3J062 AA22 AA38 AC07 BA25 CD06

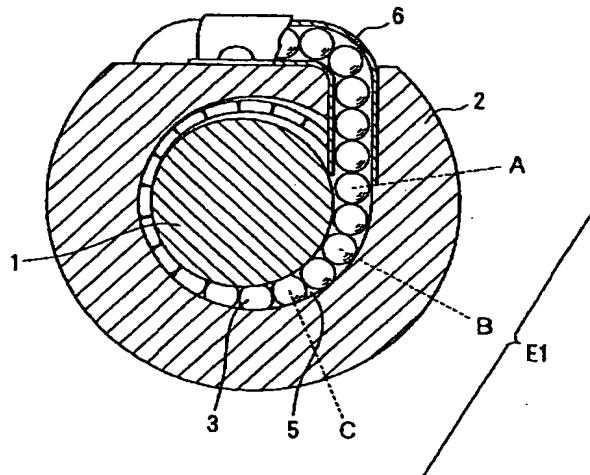
CD42

(54)【発明の名称】 ボールねじ

(57)【要約】

【課題】 ボール通過振動が少ないと加えて、製造が容易且つ確実なボールねじを提供する。

【解決手段】 ボールねじは、螺旋状のねじ溝1aを外周面に有するねじ軸1と、ねじ軸1のねじ溝1aに対向するねじ溝2aを内周面に有し、両ねじ溝1a, 2aにより形成される螺旋状のボール転動路5に転動自在に装填された多数のボール3を介してねじ軸1に螺合されるナット2と、ナット2に固定され、ボール3をボール転動路5の一端Aでくい上げて他端に送るリターンチューブ6と、を備えている。そして、ボール転動路5の一端Aの近傍部分E1においては、ボール転動路5の一端Aに向かって予圧が徐々に小さくなるようにナット2のねじ溝2aのリード角が徐々に変化していく、ボール転動路5の一端Aの手前Bで予圧が解除されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 螺旋状のねじ溝を外周面に有するねじ軸と、前記ねじ軸のねじ溝に対向するねじ溝を内周面に有し、前記両ねじ溝により形成される螺旋状のボール転動路に転動自在に装填された多数のボールを介して前記ねじ軸に螺合されるナットと、前記ナットに固定され、前記ボールを前記ボール転動路の一端ですくい上げて他端に送るボール循環路と、を備えるボールねじにおいて、前記ボール転動路の一端のボールすくい上げ開始部の近傍部分においては、前記ボールすくい上げ開始部に向かって予圧が徐々に小さくなるように前記ナットのねじ溝のリード角が徐々に変化していて、前記ボールすくい上げ開始部の手前で予圧が解除されていることを特徴とするボールねじ。

【請求項2】 前記ボール循環路の両端部を、前記ナットを軸方向から見た場合の前記ボール転動路の両端における前記ボール転動路の接線方向に沿って配設したことを特徴とする請求項1に記載のボールねじ。

【請求項3】 前記ボール循環路の両端部をリード角方向に沿って配設したことを特徴とする請求項1又は2に記載のボールねじ。

【請求項4】 前記ボールの球面の一部と摺接する凹面を有するスペーサ、又は、前記ボールよりも小径なスペーサ用ボールを、各ボールの間に介装したことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のボールねじ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ボールねじに係り、特に、工作機械、工業用ロボット等のような微細送り機構や精密位置決め機構に好適に使用可能なボールねじに関する。

【0002】

【従来の技術】 通常、ボールねじには予圧が負荷されており、これによってねじ軸とナットとの間の回転力-軸方向推力の伝達がなされる。一方、ナットに取り付けられるリターンチューブの内径はボールの外径よりも若干大きく形成されているから、リターンチューブ内ではボールは無負荷状態となる。ねじ軸のねじ溝とナットのねじ溝との間に有るボールは予圧により若干弹性変形しているので、両ねじ溝間に形成されるボールの通路（以降はボール転動路と記す）は無負荷状態のボールが通過できる広さはない。

【0003】 よって、ボール転動路からリターンチューブへボールがすくい上げられる際には、リターンチューブの端部の開口部（すなわち、ボールすくい上げ部）とボール転動路との境界部分（以降は、ボールすくい上げ開始部と記す）において、ボールに対する急激な圧力解放が行われる。また、リターンチューブからボール転動路へボールが戻される際には、リターンチューブの端部の開口部（すなわち、ボール送り込み部）とボール転動

路との境界部分（以降は、ボール送り込み開始部と記す）において、ボールに対する急激な圧力付加が行われる。なお、ねじ軸を逆転させると、ボールの循環移動方向が逆になるので、正転時のボールすくい上げ部がボール送り込み部となり、ボール送り込み部がボールすくい上げ部となる。

【0004】 このため、ボールすくい上げ開始部やボール送り込み開始部をボールが通過することに伴なって微小振動（以降は、ボール通過振動と記す）が発生して、これがボールの循環性能を阻害し、送り精度を低下させ、また騒音の原因ともなっている。特に、近年のサブミクロンレベルの微細送り機構においては、大きな問題となっている。このようなボールねじの予圧急変に基く作動不良をなくすためには、ボールすくい上げ開始部（ボール送り込み開始部）近傍のボール転動路においては、ボールすくい上げ開始部（ボール送り込み開始部）に近づくにつれてボールの予圧が徐々に小さくなるようにし、ボールすくい上げ開始部（ボール送り込み開始部）において予圧が解除されるようにする方法が有効である。

【0005】 例えば、特許第2832943号明細書には、ナットのねじ溝のリード角を徐々に変化させることによって、上記のような予圧の漸減及び解除を行ったボールねじが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上記のような従来のボールねじは、徐々に小さくなる予圧がボールすくい上げ開始部において解除されるようになっている。しかし、リード角の誤差が予圧の変化に与える影響は大きいので、リード角に多少でも誤差があるとボールすくい上げ開始部で予圧を解除することは困難となる。

【0007】 また、ボールすくい上げ開始部はボール転動路中に2カ所存在するが（1カ所はボール送り込み開始部）、この2カ所のリード角の値を一致させないと、ボールすくい上げ開始部で予圧が完全に解除されないととなる。このようなことから、リード角を正確に制御する必要があるが、ボールすくい上げ開始部において予圧を完全に解除するには位置合わせの精度も必要となる。つまり、ねじ溝の加工精度が高くないと、リード角の変化が開始する位置や、変化させたリード角の値に誤差を生じて、ボールすくい上げ開始部において予圧が完全に解除されないおそれがある。よって、通常の加工精度でねじ溝を加工した場合は、ボールすくい上げ開始部において予圧が完全に解除されたボールねじが確実に製造できないおそれがあった。

【0008】 そこで、本発明は、上記のような従来のボールねじが有する問題点を解決し、ボール通過振動が少ないと加えて、製造が容易且つ確実なボールねじを提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は次のような構成からなる。すなわち、本発明に係る請求項1のボールねじは、螺旋状のねじ溝を外周面に有するねじ軸と、前記ねじ軸のねじ溝に対向するねじ溝を内周面に有し、前記両ねじ溝により形成される螺旋状のボール転動路に転動自在に装填された多数のボールを介して前記ねじ軸に螺合されるナットと、前記ナットに固定され、前記ボールを前記ボール転動路の一端ですくい上げて他端に送るボール循環路と、を備えるボールねじにおいて、前記ボール転動路の一端のボールすくい上げ開始部の近傍部分においては、前記ボールすくい上げ開始部に向かって予圧が徐々に小さくなるように前記ナットのねじ溝のリード角が徐々に変化していく、前記ボールすくい上げ開始部の手前で予圧が解除されていることを特徴とする。

【0010】ボールすくい上げ開始部の手前において予圧が解除されており、その予圧が解除された位置から前記一端まではリード角は不变であるので、前記ボールすくい上げ開始部においては予圧が確実に解除される。よって、ボールすくい上げ開始部近傍におけるボールの運動がスムーズとなるので、ボールはボールすくい上げ開始部をスムーズに通過し、通過時の微小振動（ボール通過振動）が生じにくい。

【0011】また、通常の加工精度でねじ溝を加工した場合や、リード角の変化が開始する位置や変化させたリード角の値に多少の誤差を生じた場合でも、予圧の変化に対する影響が小さいので、ボールすくい上げ開始部において予圧が確実に解除されたボールねじを容易且つ確実に製造することができる。また、本発明に係る請求項2のボールねじは、請求項1に記載のボールねじにおいて、前記ボール循環路の両端部を、前記ナットを軸方向から見た場合の前記ボール転動路の両端における前記ボール転動路の接線方向に沿って配設したことを特徴とする。

【0012】なお、ナットを軸方向から見た場合のボール転動路の接線方向とは、3次元的な方向ではなく、ナットを軸方向から見た場合に見える正面図における2次元的な方向を意味するものである。さらに、本発明に係る請求項3のボールねじは、請求項1又は2に記載のボールねじにおいて、前記ボール循環路の両端部をリード角方向に沿って配設したことを特徴とする。

【0013】請求項2及び請求項3のボールねじのようにボール循環路の両端部をボールの移動方向に沿って配設すれば、ボールがボール転動路からボール循環路にすくい上げられる際、又は、ボールがボール循環路からボール転動路に戻される際に、ボール循環路の内壁又はボール転動路の内壁にボールが衝突して生じる振動（ボール通過振動）がより一層抑制される。さらに、本発明に係る請求項4のボールねじは、請求項1～3のいずれかに記載のボールねじにおいて、前記ボールの球面の一部

と摺接する凹面を有するスペーサ、又は、前記ボールよりも小径なスペーサ用ボールを、各ボールの間に介装したことを特徴とする。

【0014】このように、ボールとボールの間にスペーサ又はスペーサ用ボールが介在されればボール同士の競り合いが解消されるので、ボールの移動がより円滑に行われる。よって、ボールの循環性能やボールねじの送り精度が優れ、ボール通過振動の発生もより一層抑制される。また、ボール循環路内においてもボールの移動がより円滑に行われる所以、振動や騒音の発生が抑制される。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明に係るボールねじの実施の形態を、図面を参照しながら説明する。なお、以下に示す各実施形態は本発明の一例を示したものであって、本発明は本実施形態に限定されるものではない。

【第一実施形態】図1及び図2は、本発明の第一実施形態であるダブルナットタイプの2点接触式のボールねじの構成を示す断面図であり、図1は軸に垂直な面で破断した断面図であり、図2は軸を含む平面で破断した縦断面図である。また、図3は、図1における点Aと軸心を通る平面で破断した要部拡大断面図である。

【0016】このボールねじは、螺旋状のねじ溝1aを外周面に有するねじ軸1と、ねじ軸1のねじ溝1aに対向する螺旋状のねじ溝2aを内周面に有し、ねじ軸1に螺合される円筒状のナット2と、ねじ軸1のねじ溝1aとナット2のねじ溝2aとで形成される螺旋状のボール転動路5に転動自在に装填された多数のボール3と、を備えている。そして、多数のボール3を介してねじ軸1に螺合されているナット2と、ねじ軸1とが、ボール3の転動を介して軸方向に相対移動するようになっている。

【0017】なお、ねじ溝1a、2aはゴシックアーク溝であり、その断面形状は曲率中心の異なる2つの同一円弧を組合せた略V字状である。また、ナット2は、軸方向に並べられた第1ナット21及び第2ナット22と、両ナット21、22の間に介在された間座23と、が一体となって構成されている。そして、間座23の介在によって、ボール転動路5内のボール3には図2に示す矢印方向の予圧が付与され、各ボール3はナット2のねじ溝2aの1点と、これに對向する位置のねじ軸1のねじ溝1aの1点と、の2点で接触している。該2点を結ぶ線に直角な方向においては、ボール3は両ねじ溝1a、2aに接触していないか、あるいは接触していても予圧は付与されていない（図3を参照）。

【0018】ナット2の外面には、略コ字状に屈曲したリターンチューブ6が固定されている。このリターンチューブ6の両端は、ナット2を貫通してボール転動路5に至り、ボール転動路5内を転動するボール3がリターンチューブ6を通って循環されるようになっている。すなわち、ボール3はボール転動路5内を移動しねじ軸1

の回りを複数回回ってから、ボール転動路5の一端A（リターンチューブ6の端部とボール転動路5との交点）においてリターンチューブ6の一方の端部（開口部）からリターンチューブ6内にすくい上げられ、すくい上げられたボール3は、リターンチューブ6の中を通して、リターンチューブ6の他方の端部（開口部）からボール転動路5の他端に戻される。なお、リターンチューブ6は、第1ナット21及び第2ナット22にそれぞれ2個ずつ軸方向に並べて配設されており、合計4個が設けられている。

【0019】このとき、ボール転動路5の一端A（ボールすくい上げ開始部）の近傍部分のうち一端Aよりも手前の部分E1（図1の一端AからCまでの部分）の一部分（CからBまでの部分）においては、ナット2のねじ溝2aのリード角が徐々に変化している。すなわち、ナット2のねじ溝2aのリード角の変化は、前記部分E1の端部Cから開始して前記部分E1の中間位置Bで終わり、中間位置Bから一端Aまではリード角は不变とされている。

【0020】前記部分E1の端部Cでは正規の予圧が負荷されているが、このリード角の変化によって予圧は端部Cから一端Aに向かって徐々に小さくなり、中間位置Bにおいて（すなわち、ボール転動路5の一端Aの手前において）予圧が完全に解除される。中間位置Bから一端Aまではリード角は不变とされていて予圧が解除された状態が保たれるから、一端Aにおいては予圧は確実に解除されている。よって、ボールすくい上げ開始部近傍におけるボール3の運動がスムーズとなるので、ボール3はボールすくい上げ開始部をスムーズに通過し、ボール通過振動が生じにくい。

【0021】また、通常の加工精度でねじ溝2aを加工した場合や、リード角の変化が開始する位置や変化させたりード角の値に多少の誤差を生じた場合でも、予圧の変化に対する影響が小さいので、ボール転動路5の一端Aにおいて予圧が確実に解除されたボールねじを容易且つ確実に製造することができる。このようにリード角が変化しているので、ナット2のねじ溝2aのピッチは、図3の要部拡大断面図に示すようになっている。すなわち、ねじ軸1のねじ溝1aは、ねじ軸1の全長にわたって同一のピッチaで形成されており、ナット2のねじ溝2aもねじ溝1aに対応したピッチで形成されているが、予圧が完全に解除される中間位置Bにおいては、ねじ溝2aはピッチaとは異なるピッチa-δで形成されている。そして、中間位置Bから一端Aまでのピッチはa-δで一定となっている。

【0022】ピッチの変化量δ（リード角の変化量）は、ボールやねじ溝の軸方向の弾性変形量、予圧のばらつき、部品のサイズのばらつき等を加味して、すくい上げ開始部の手前で予圧が解除され且つリターンチューブ6のボールすくい上げ部（開口部）に段差なく連通する

ような適切な量に定められる。適用するボールねじの種類やサイズ等によっても、この量は異なる。なお、ボール転動路5の他端（ボール送り込み開始部）の近傍部分のうち他端よりも手前の部分E2も、前記部分E1と同様の構成となっている。ただし、前記部分E2の予圧が完全に解除される中間位置においては、図3のようにねじ溝2aはピッチa+δで形成されている。

【0023】このようなボールねじの予圧の変化を説明するグラフを図4に示す。ねじ溝2aはピッチaで形成されているが、部分E1の端部Cからピッチの変化が始まり中間位置Bではピッチはa-δとなっている。そして、中間位置Bから一端A（ボールすくい上げ開始部）までのピッチはa-δで一定となっている。よって、ボールねじの予圧は、図4のグラフに示すように、中間位置Bにおいて完全に解除され、一端Aにおいては確実に解除されている。

【0024】これに対して、特許第2832943号明細書に記載の従来のボールねじ（ダブルナットタイプ）の場合は、ピッチの変化はボールすくい上げ開始部で終わりa-δとなっているので、予圧の変化は図1のグラフのようになる。したがって、ボールすくい上げ開始部のリード角に多少でも誤差があるとボールすくい上げ開始部で予圧を解除することが困難となる等の、前述のような問題点が生じるおそれがある。

【0025】〔第二実施形態〕図5は、本発明の第二実施形態のボールねじの構成を示す縦断面図である。なお、第二実施形態のボールねじの構成及び作用は第一実施形態とほぼ同様であるので、異なる部分のみ説明し同様の部分の説明は省略する。また、図5においては、図2と同一又は相当する部分には、図2と同一の符号を付してある。第二実施形態のボールねじにおいては、リターンチューブ6の両端部はボール転動路5（ボール3の軌道）に沿って、すなわち、リード角方向に合わせて配設されている点が、第一実施形態のボールねじとは異なっている。

【0026】このように、リターンチューブ6の両端部をボール3の移動方向に沿って配設すれば、ボール3がボール転動路5からリターンチューブ6にすくい上げられる際、又は、ボール3がリターンチューブ6からボール転動路5に戻される際に、リターンチューブ6の内壁又はボール転動路5の内壁にボール3が衝突して生じる振動（ボール通過振動）が抑制される。

〔第三実施形態〕図6は、本発明の第三実施形態のボールねじの構成を示す図であり、軸方向に垂直な面で破断した断面図である。ただし、ナットの図示は省略してある。なお、第三実施形態のボールねじの構成及び作用は第一実施形態とほぼ同様であるので、異なる部分のみ説明し同様の部分の説明は省略する。また、図6においては、図1と同一又は相当する部分には、図1と同一の符号を付してある。

【0027】第三実施形態のボールねじにおいては、リターンチューブ6の両端部は、ナット2を軸方向から見た場合のボール転動路5の一端A又は他端におけるボール転動路5の接線方向に沿って配設されている点が、第一実施形態のボールねじとは異なっている。なお、ナット2を軸方向から見た場合のボール転動路5の接線方向とは、実際のボールねじにおける3次元的な方向を意味するものではなく、ボールねじを軸方向から見た場合に見える正面図（すなわち、図6）における2次元的な方向を意味するものである。例をあげて説明すると、リターンチューブ6は図6の紙面に対して平行に配設されているとは限らず、紙面に対して前後方向斜めに配設されている場合もある。そのようなりターンチューブ6を紙面に平行な面に平行投影した投影図におけるボール転動路5の接線方向である。

【0028】このような構成であれば、ボール3がボール転動路5からリターンチューブ6にすくい上げられる際、又は、ボール3がリターンチューブ6からボール転動路5に戻される際に、リターンチューブ6の内壁又はボール転動路5の内壁にボール3が衝突して生じる振動（ボール通過振動）が抑制される。なお、リターンチューブ6の両端部を、ナット2を軸方向から見た場合のボール転動路5の一端A又は他端におけるボール転動路5の接線方向に沿い、且つ、リード角方向に合わせて配設すれば、ボール通過振動がより一層抑制されるので好ましい。

【0029】〔第四実施形態〕図7は、本発明の第四実施形態であるシングルナットタイプの2点接触式のボールねじの構成を示す要部拡大断面図である。なお、第四実施形態のボールねじの構成及び作用は、シングルナットタイプであることを除いては第一実施形態とほぼ同様であるので、図1、2も併せて参考しながら異なる部分のみ説明し、同様の部分の説明は省略する。また、図7においては、図3と同一又は相当する部分には、図3と同一の符号を付してある。

【0030】ボール転動路5の両端にあるボールすくい上げ開始部の近傍部分のうち端部よりも手前の部分E1、E2の一部分においては、ナット2のねじ溝2aのピッチ（リード角）が徐々に変化しており、この部分E1、E2のボール3の予圧が徐々に小さくなっている。そして、ボール転動路5の両端のボールすくい上げ開始部の手前において、予圧が完全に解除されている。なお、ボール転動路5の中央部においてピッチ（リード角）を ϵ 変化させて $a + \epsilon$ とし、ねじのバックラッシュを除去している。

【0031】このようなボールねじの予圧の変化を説明するグラフを図8に示す。ねじ溝2aはピッチ a で形成されているが、部分E1の端部Cからピッチの変化が始まり中間位置Bではピッチは $a - \delta$ となっている。そして、中間位置Bから一端A（ボールすくい上げ開始部）

までのピッチは $a - \delta$ で一定となっている。よって、ボールねじの予圧は、図8のグラフに示すように、中間位置Bにおいて完全に解除され、一端Aにおいては確実に解除されている。

【0032】〔第五実施形態〕図9（軸に垂直な面で破断した断面図）に示す第五実施形態のボールねじは、第一～第四実施形態のボールねじにおいて、各ボール3の間にスペーサを介装した变形例であり、その他の構成及び作用は第一～第四実施形態とほぼ同様であるので、異なる部分のみ説明し同様の部分の説明は省略する。このスペーサ30は、図9の要部拡大図である図10に示すように、両側のボール3、3の球面の一部とそれぞれ摺接する凹面としての曲面32、32を備えている。なお、スペーサ30の形状は、上記したものに限定されるものではない。

【0033】各ボール3の間にこのようなスペーサ30が介装されると、ボール同士の競り合いが解消されるので、ボール3の移動がより円滑に行われる。よって、ボールの循環性能やボールねじの送り精度がより優れ、ボール通過振動の発生もより一層抑制される。また、リターンチューブ6内においてもボール3の移動がより円滑に行われる所以、振動や騒音の発生が抑制される。なお、ボール3よりも小径な球体（スペーサ用ボール）をスペーサ30の代わりに用いても、上記と同様の効果を得ることができる。また、スペーサ30やスペーサ用ボールは、摺動性の優れた材料で構成することが好ましい。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のボールねじはボール通過振動が少ないと加えて、製造が容易且つ確実である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施形態のボールねじの構成を示す断面図である。

【図2】本発明の第一実施形態のボールねじの構成を示す断面図である。

【図3】本発明の第一実施形態のボールねじの要部拡大断面図である。

【図4】本発明の第一実施形態のボールねじの予圧の変化を説明するグラフである。

【図5】本発明の第二実施形態のボールねじの構成を示す断面図である。

【図6】本発明の第三実施形態のボールねじの構成を示す断面図である。

【図7】本発明の第四実施形態のボールねじの要部拡大断面図である。

【図8】本発明の第四実施形態のボールねじの予圧の変化を説明するグラフである。

【図9】本発明の第五実施形態のボールねじの構成を示す断面図である。

【図10】図9のボールねじの要部拡大図である。

【図11】従来のダブルナットタイプのボールねじの予圧の変化を説明するグラフである。

【符号の説明】

1 ねじ軸
1a ねじ溝
2 ナット

2a ねじ溝

3 ボール

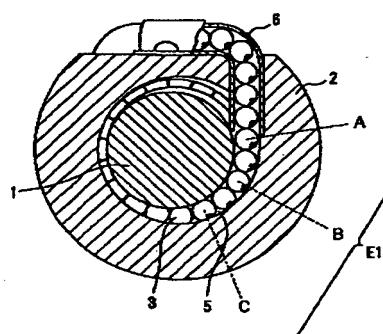
5 ボール軌動路

6 リターンチューブ

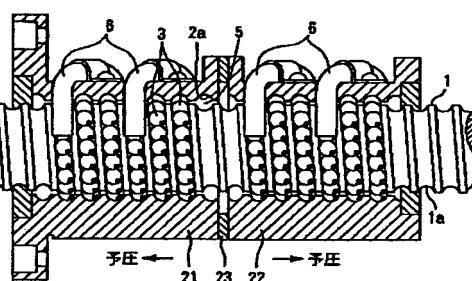
30 スペーサ

A ボール軌動路の一端

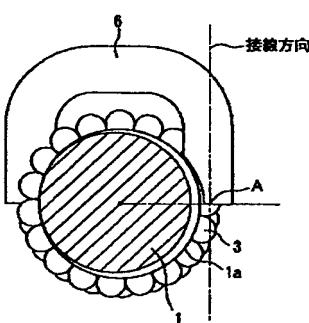
【図1】



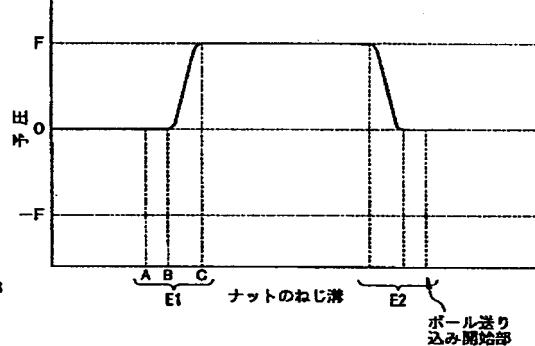
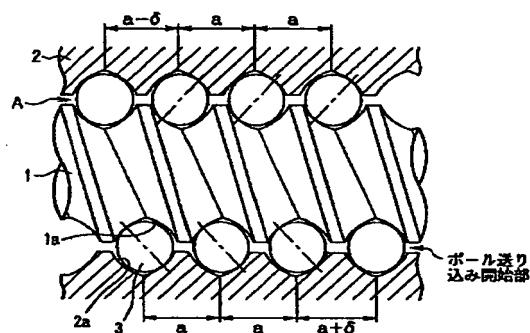
【図2】



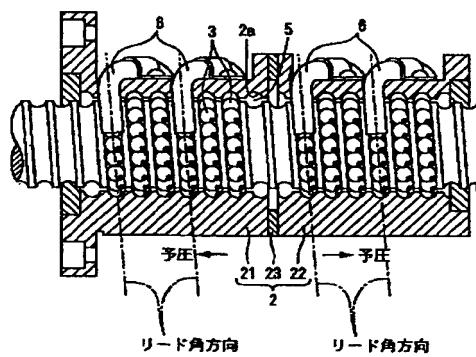
【図6】



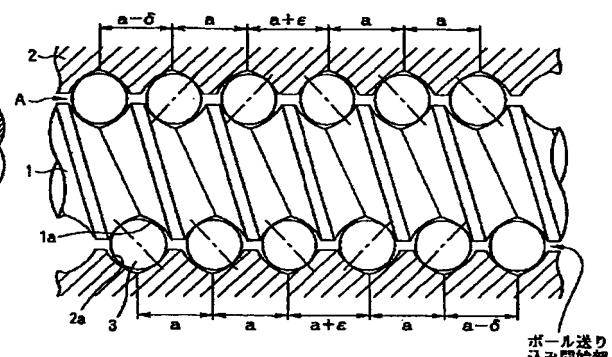
【図3】



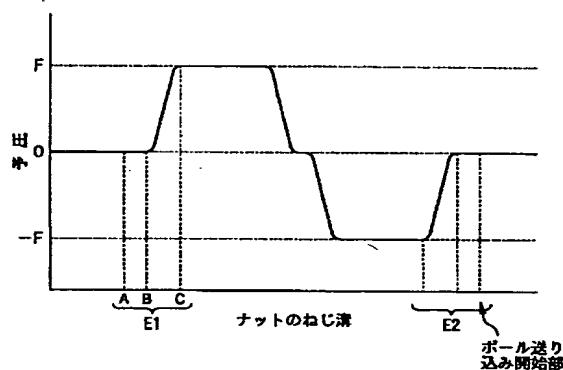
【図5】



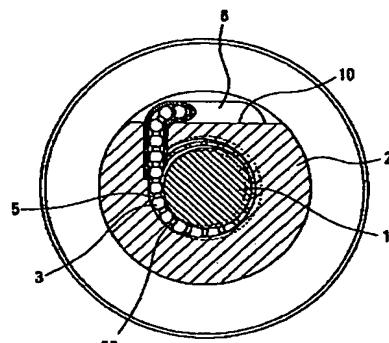
【図7】



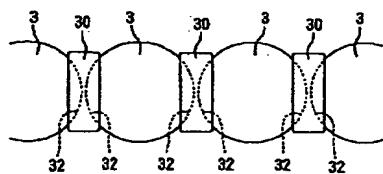
【図8】



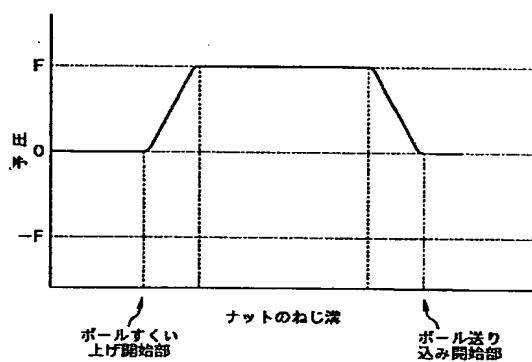
[图9]



【図10】



[111]



THIS PAGE BLANK (USPTO)